

## 高度情報化社会と数学教育

遠 藤 秀 機 (教育学部)

森 杉 馨 (教育学部)

### はじめに

我々は、現在は高度情報化社会と呼ばれる時代に突入していると考えている。教育界ではこの情報化にいかに対応していくかが問われている。数学教育も例外ではない。本論はこれに答えるものではないが、何とか答えを見つけねばならないという思いをしたためたものである。

### § 1 中学校数学教師とコンピュータ

この節では、コンピュータ社会と言われる現在、中学校などの数学教師にコンピュータとの関わりで何が求められているかを、文部省（平成3年5月発行）の「指導計画の作成と学習指導の工夫」を通して概観する。

この本では、第2節「電卓・コンピュータを活用した指導」の中で、まず、高度情報化社会へと向かいつつある現在、あらゆる部門での情報化への対応の必要性がうたわれた後、(1) 学校教育における情報化への対応、(2) 情報化への対応と電卓・コンピュータ、へと話を進めている。要するに、数学教師には、数学教育を通して、数学教師としての高度情報化社会への対応が求められているわけである。数学との接点では、(ア) コンピュータの理解と利用のための数学科の指導と(イ) 数学の指導におけるコンピュータの利用などを促進するようべられている。以下、具体的には(イ)に関して下記の様な観点で説明されている。

#### (1) 基本的な考え方

##### ア コンピュータの働き

- (a) 動的な見方や考え方を提示することができる。
- (b) 複雑な数値計算を可能にし、数学のもつ有用性が味われる。
- (c) 問題解決に向け、思考を援助することができる。
- (e) 多数回の実験が可能である。

##### イ 授業でコンピュータをどう生かすか

##### ウ 電卓・コンピュータを活用するに当たって配慮すること

#### (2) 電卓の活用

#### (3) コンピュータの活用の例

##### ア 平面図形を動的にとらえるための利用

- (a) 図形の性質を見いだすことへの利用

円周角の定理

等積変形

円に関する性質の発見

- (b) 図形の性質を統一的にとらえることへの利用

円周角の定理,

接線と弦とで作る角の定理,

円に内接する4角形の外角の定理 を統一的に見る

イ 空間図形での活用

- (a) 平面図形の運動と空間図形の構成

- (b) 空間図形を切断することを通しての理解

ウ 関数への利用

- (a) 導入での利用

- (e) グラフィックス機能の利用

エ 資料の整理と確率

- (a) 資料の整理

- (b) 確率

- (c) 標本調査

(4) 指導の進め方

ア 指導の流れとコンピュータの活用

- (a) 導入段階での活用

- (b) 展開場面での活用

- (c) 定着段階での活用

- (d) 発展段階での活用

- (e) まとめでの活用

イ 授業形態とコンピュータの活用

- (a) 一斉授業での活用

- (b) グループ学習での活用

- (c) 個別学習での活用

ウ コンピュータの台数と活用の形態

- (a) 1台のコンピュータの活用

- (b) 数台のコンピュータの活用

- (c) コンピュータ教室での活用

エ 事前の準備

- (a) 教材の研究

- (b) コンピュータの操作

- (c) ソフトウェアの研究

- (e) プレ授業

オ 指導上の留意点

コンピュータを使用する前後の普通教室での指導が大切

図形の指導では、基本的な図形をノートに書くことも大切

コンピュータは一つの道具、学習の主体は生徒

筆者等は基本的には上記の(1)基本的な考え方に同意し、それらの実現に当っては(4)指導の進め方に述べられているようなことに配慮することが必要であろうと考えるし、現行の中学校数学の枠内では(3)に述べられている例は適切なものと思う。しかし、現時点ではまだ、コンピュータの活用については、さまざまな問題がある様を感じる。例えば、現実の数学教師の中に、コンピュータについて一定レベルの知識を有し、実際に数学教育に利用するとは行かないまでも、日常の教師生活の中でワープロ、データベースなどを有効利用しているものがどれだけいるであろうか。また、コンピュータについてかなりの知識を持ち一定程度活用しているとしても、それを数学教育の中で生かすためのは決してやさしいことではないと考える。

本稿の考察すべき対象は上記の二つのことである。すなわち、数学教師を養成する大学で、一つは一定レベルのコンピュータ知識を身につけさせること、今一つは、それを数学教育の実践に活用する為の下地を作ること、この目的のために大学での数学教育、コンピュータ教育をどのように実施するかへの試論である。

最近ではいろいろな会社から中学校数学の為のコンピュータソフトが発売されている。またそのソフトも教師が教室で利用することを対象としたもの、あるいは生徒が個別に自習することを前提としたものなどさまざまである。

一般にコンピュータの教育への利用はソフトの作成より、その理活用の方が、対象が人間であるゆえはるかに難しいことを認識しておかねばならない。そしてその有効な理活用のためには、数学教師には次のようなことが望まれる。

#### 1. コンピュータになれ親しんでおくこと

具体的には、ワープロソフト、データベースソフトなどを日頃から使用するよう勤めることである。でき得れば、ワープロとしての使用では、ファイルを作るためのエディタとそれを必要なときに印刷するための印刷ツールを使用する方がよりコンピュータに親しむことができる。データベースに関しては、成績処理や一覧表の作成などに使う。可能なら、簡単なプログラムが組めるものがより望ましい。また、表計算やグラフのソフトも有用であろう。

#### 2. コンピュータの基本的な事項を押えておく

ここで言っていることは具体的には、ファイルやディレクトリの管理である。コンピュータとつき合うためにはどうしても、一定のオペレーション・システムの知識は欠かせない。

#### 3. コンピュータの利用は数学教育の一手段に過ぎないことを認識しておく

授業でコンピュータを利用するケースは、生徒の注目度が高まるとか、生徒が興味をもって授業を受けるとかの副次的にさまざまなことが期待されるが、大事なことは主たる使用目的をはっきりと設定しておくことだろう。コンピュータの使用はその目的を達成するための手段であって、目的とは異なるものである。

## § 2 教師を養成する大学でのコンピュータ教育と数学教育

平成2年度以降に大学に入学した学生で中学校数学免許修得を希望するものには、「測量」に代わって「コンピュータ」の単位が必須となった。これは、§1で述べた社会的要請に答えるため、一定程度大学が、その任を果たさねばならないということであろう。この節では、その任の内容を数学との関わりの中で検討してみる。

まず第一に、高度情報化社会とかコンピュータ社会とか言われるが、現在のその状況を教えると

ともに、できる限り体感させることであろう。これは、中学校と大学に置けるコンピュータ環境、例えば情報処理センターの有無、の違いが、現状では相当あるため、中学校へ勤めだしてからでは、なかなか実感できない。例えば一口にネットワーク環境と言っても、その実情はなかなかつかめない。百聞は一見にしかずであろう。中学校では、せいぜいパソコンしか使わないだろうから、教える必要のあるものはパソコンについてであって、大型計算機とかユニックスとかは教えても無駄であるという人もいるが、筆者等はそうは考えない。大学を離れてはなかなか使用し得る機会に恵まれまいだろうからこそ、大学でそれ等にふれることが逆に重要であり、そもそもこれら大型計算機とかユニックスの世界をまったく知らずしては情報化社会という意味が理解できないのではあるまいか。ただし、主張しているのは大型計算機とかユニックスを学ぶと言っているのではない。当然のことながら大型計算機とかユニックスを使いこなすことは難しいし、また使いこなす必要もない。大事なことは、情報化社会と言うものを体感させることであるので、例えば、ユニックスのREAD NEWS や Mail等を使わせてみることである。

第2には、大学で学ぶ数学も含めて、数学がコンピュータにいかにか生かされているか、あるいは逆に、大学を含めて、数学において、コンピュータがいかに利用できるかをしらしめることであろう。直接的には線形代数、数式処理、3次元グラフィックス、シミュレーションなどのソフトを使用させる、あるいは使用できる下地を養うことであろう。間接的には、ネットワーク環境での大型のデータベースの使用や、論文、レポートを書くためのTEXなどの使用が考えられる。

第3には、高校までの数学教育との関わりで、その中でコンピュータが果たし得る役割と、逆にコンピュータには期待してはいけない部分との区別ができるように、数学の専門知識、数学教育的知識やコンピュータに関する知識を与えることであろう。要は、コンピュータソフトを利用するとき、そのソフトを使うことによりどのような効果が期待できるか、逆にどのようなマイナス面があるかを判断できるよう、あるいは判断するためのバックグラウンドを持たせることであろう。筆者等は、これに関して、まだ、具体的にどうすべきかという提案を持ち合わせていないが、強い問題意識を持ちながら試行錯誤を重ねている段階である。

ここで、数式処理について数学教育的立場からふれてみたい。筆者等の知っているものでも数式処理言語は、Mathematica, Reduce, mu-math83 等いろいろとあるが、これらは結果を出すための数式処理言語であって、その計算原理または計算過程を習熟するためのものではない。筆者の一人は、計算のやり方を習熟させるため、多項式の計算をステップ毎に実行するソフトを作ろうと試みたことがある。そのときに驚いたことは、我々が日頃何気なく実行している多項式の計算は、プログラム化してみると、驚くほど複雑な計算であるということである。実際、まず与えられた文字式を項に分解する。ここで項とは文字列を括弧の中には含まれていない+の文字を delimiter と思って分解した文字列である。次に、項の係数と文字を取り出す。ここでは何が係数で何がその項の文字であるかを認識させねばならない。ついで、各項の括弧を積を計算しながらはずしていく。このときには、交換法則、分配法則を何度も使う。そして適宜、同類項を簡約して結果を出す。このように書いてみると簡単に見えるが、各ステップはそれぞれ結構複雑である。改めて、感心したことは人間の頭脳は凄いということで、コンピュータの思考と人間の思考はかなり異なるということ、と同時に、コンピュータを人間の教育にあわせて使うことは恐ろしく難しいということであった。コンピュータは一定のアルゴリズムさえ与えれば少々複雑なものでも、それを間違いなく実行するが、アルゴリズムが正確でないととんでもない間違いを犯す。人間は正確なアルゴリズムを知らなくても、言い替えるとあいまいなアルゴリズムでも、ある程度はことの本質を捉えることがで

きる。筆者等は、コンピュータを数学教育に活用しようとするとき、この点がもっとも重要なポイントであると考え。コンピュータの真の理活用とは、この両者のそれぞれが持っている長所短所をよく認識し、お互いに補っていくことであろう。

### § 3 平成3年度での実験報告

§ 2 で述べた様に「コンピュータ」が必須になるため、一度実験的に「コンピュータ」講義を筆者等二人が担当してみることにした。何分初めての経験であったので、何をすべきか大いに迷ったが以下に記す様な内容を試みた。この節ではこの経過報告をする。

まず、時間数は毎週1回半期、つまり一回を90分とするとそれが13、4回あるわけである。対象学生は数学科の3、4年生（「コンピュータ」が必須ではない学年）、受講者数は25名であったが、実際に、最後まで受講したものはその約半分の13名で、一方コンピュータは40台あった。

一番最初に悩んだのは、このコンピュータをパソコンとして使うか、あるいは大型の端末として使用するかである。前に述べたように筆者等は、大型あるいはユニックスを使用することが望ましいと考えるものであるが、筆者達の力量不足と時間的な制約の為、今回はパソコンとしての使用に限定せざるを得なかった。しかし、パソコンとして使用するにしてもできる限り、多様で柔軟な使い方のできるソフトを使うよう心がけた。

次の問題はソフトをどうやって使用させるか、著作権の問題である。市販ソフトにも学生に使わせてみたいものは沢山あるが、それ等を購入するとなると、そんな予算はなかった。そこで、いわゆるフリーソフトウェアを使用させてもらうことにした。また、本学の経済学部で床井先生が作られたエディタとタイプ練習のソフトがあると聞いて、床井先生に了承を得てそれ等も使わせてもらうことにした。

次に限られた時間の中で、学生にコンピュータの何を学ばせるか。この時点で何を教えることが、将来の数学教師達の役に立つか。コンピュータを教えるからにはやはり何かプログラミングを教えておきたい。それも本格的なものではないし、コンピュータがどんなことができるかを学ぶのであれば、むしろ本格的なプログラミングより簡易言語的なものの方が望ましい。しかし同時に、中学校の教壇に立つようになった時に何等かの意味で役に立つものが望ましい。

このように悩んだ末、思い切ってAWKをやってみることにした。AWKならば本格的なプログラムも書けるし、簡易言語としても十分使えるし、何より、中学校教師になっても成績処理etcにすぐに実用できると考えた。後になってアメリカなどではAWKがプログラミング初心者の教育用によく使われていることを知り、この選択は間違っていないかったと思う。

AWKプログラムを書かせるためには、エディタが必要になる。エディタは床井先生のを使わせてもらうにしても、エディタに慣れるにはかなりの訓練が要る。そこで、タイピングの練習とエディタの訓練を兼ねて学生に文書ファイルを書かせて提出させることにした。そのためには漢字変換の為にFEPが必要になる。幸いなことに、フリーソフトウェアの中にWXPというFEPがあることを知りこれを使用することにした。

最後に、実際に実習を行うためには学生自身がファイルをコピーしたり、ファイルの内容を読む必要がある。また、AWKプログラムを実行させるには、データファイルなどの管理も必要になる。要するに、基本的なMS-DOSの操作が要求されるが、これらをまとめて行うためにファイル管理ユーティリティFDを使用した。これは賛否のわかれるところであろうが、コマンドラインから

のキー入力には初心者にとってはかなりの負担であるし、もしFDを使用しなければ、いろいろなバッチファイルなどを書かせねばならず、また、学生への配布ディスクの中に入れておいた種々のドキュメントファイルを学生に読んでもらうには、FDの使用は有用であろうと考えた。

以下、使用したソフトの一覧とそのソフトの説明をつけておく。

#### ■ AWK

AWKは、入力データのなかから、指定されたパターンを持つものをさがす。それが見つかったとき、それに指定されたアクションを施す。パターンは、正規表現、文字列、数、欄、変数、配列、演算子などで表現される。アクションは、C言語に準拠した文法で記述されるが、Cと異なり、変数の宣言や配列の使用宣言等は必要ない。このパターンとアクションを指定するため、AWKスクリプトと呼ばれるプログラムを書く。AWKのスクリプトは2, 3行のものでもかなりのものが書ける。

#### ■ FD

実際にコンピュータを使用するためには、どうしても、ファイルのコピー、DELETEなどのファイル管理をする必要があるが、それをMS-DOSでじかにやろうとすると、MS-DOSまで教えなくてはいけなくなる。時間的制約が厳しいためと、キー入力の負担の軽減と操作のやりやすさから、定評あるファイル&ディスク管理 utility FDを使用した。

#### ■ Sortf

MS-DOS付属のソートプログラムは機能が貧弱なため、フィールド指定付きのソート等の機能を持っているフリーソフトウェアSortfを使用した。

#### ■ WXP

エイアイソフトから出ている日本語フロントエンドプロセッサ、WXの前身。

#### ■ TED

本学経済学部で床井先生作のエディタ。尚、これ以外に床井先生の作られたタイプ練習用のソフトも大いに役だった。

実際に使用したAWKは、jgawkである。また、雑誌「ASCII」に付いていた弘前大学教育学部の教育実践研究指導センターの小山 智史氏作の「簡易言語AWK」を、データファイル、スクリプトファイル共におおいに利用させてもらった。その中の、キーボードのタイプになれるため添付のプログラムは、受講者のほとんどが、始めてキーボードにふれるものばかりであったため、タイプ練習用としても、AWKでこんなこともできるという例としても有用であった。

数学に関するAWKスクリプトとしては、アルゴリズムのわかりやすい以下の様なものを作ることを課題とした。

(a) 2数の最大公約数

(b) 小学校で取得する整数の足し算、かけ算(桁数の制限が無いもの)

数学以外では、たまたま入手していた、中学校の英語の教科書のテキストファイルを使って、単語の頻度を調べ、それをソートするスクリプトなども書かせた。

この講義を受け持ってみて一番楽しかったのは、学生に強制的に書かせた感想文を読ませてもらったことである。感想文は学生にキーボードに慣れさせる目的で書かせたものであったが、その感想文の内容から、日常的に接してはわからない学生の気質とか生活の様子が読み取れて、チャロンボランに見えた学生の真摯な姿勢に心を打たれたこともあった。

## § 4 反 省

§ 3で述べた理由でファイル管理のためにFDを利用したが、これは、便利ではあったが、一面で、初心者には、どこまでをAWKが実行し、どこまではFDが受け持っているのか区別がつかなかったようである。

一連のソフトを入れたディスクの中には総て、そのソフトのマニュアルなどもはいていたのだがそれを読んで、自分で学び利用してくれた学生は残念ながらいなかった。とりわけAWKについては、印刷したマニュアルも配布したのであるが、自分でパソコンを持っている学生が皆無であったため、あまり効果がなかった。

講義は後期に行ったのであるが、年が明けるとそれまでに修得していたものをほとんど忘れてしまっていて、そのため、年が明けてからの講義は復習に費やされてしまい、AWKのほんとの価値などを見せられなかった。

現実問題としては、講義を担当するものが周到な準備しても、半期の講義では、限界があることは認識していたつもりであったが、このような講義あるいは実習では、自発的に学ぶ姿勢がないとほとんど何も期待できない。各自が独自にコンピュータにふれることを強く要望したが、コンピュータのふれる機会が少ないため、なかなか期待通りには行かなかった。しかし、これはある意味では無理のない話である。実際、各学生に課した感想文（大体2KB程度のファイル）は、彼等にとっては猛烈に時間をとられる宿題であつたらしい。ある学生の話ではまるまる二日はかかったそうである。

最後に、数学教育に関わるコンピュータの話は全然できなかったことを詫びると共に最後までおつき合いいただいた学生諸君に感謝する。

### 〔参考文献〕

指導計画の作成と学習指導の工夫、文部省発行（平成3年5月）

### 〔使用ソフト一覧〕

FD98

出射氏作のファイルやディレクトリ管理の為の有名なフリーソフトウェア

JGAWK

GNU AWKで日本語が使えるようにしたもの、Serow氏作のフリーソフトウェア

Sortf

データを適当な順番に並べる為のソフト、豊島氏作のフリーソフトウェア

WXP

エイアイソフトから出ている日本語フロントエンドプロセッサ、最近人気のWXの前身ソフト

TED

本学経済学部の中井先生作のエディタ（フリーソフトウェア）